

(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成11年(1999)10月15日

審査請求 未請求 請求項の数13 O.L (全 9 頁)

(71)出願人 000002369  
セイコーエプソン株式会社  
東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号

(72)発明者 丸山 博之  
長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者 藤井 正寛  
長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者 石川 博之  
長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

(74)代理人 弁理士 鈴木 喜三郎 (外 2 名)  
最終頁に続く

[最終頁に続く](#)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 (110) 平面に連続した複数の平行四辺形を重ね合わせた多角形の形状で開口し、配線パターンが配置される開口部と、(110) 平面に肉薄に設けられ、前記配線パターンに導通し、静電気によって変位する振動板と、を有する(110) シリコン基板と、前記振動板に対向して配置され、前記開口部に配置された配線パターンに導通する対向電極と、前記配線パターンから前記振動板と前記対向電極とに電圧を印加して前記振動板を変位させる駆動手段と、を備えることを特徴とする静電アクチュエータ。

【請求項2】 前記開口部の平行四辺形の重ね合わせのピッチが前記配線パターンのピッチと略同一であることを特徴とする請求項1記載の静電アクチュエータ。

【請求項3】 前記振動板と前記対向電極とによって形成された振動室を気密封止するための封止部材をさらに備えることを特徴とする請求項1もしくは請求項2記載の静電アクチュエータ。

【請求項4】 前記封止部材は、エポキシ系低温熱硬化タイプで粘度が1000cP~14000cPであることを特徴とする請求項3記載の静電アクチュエータ。

【請求項5】 (110) 平面に連続した複数の平行四辺形を重ね合わせた多角形の形状で開口し、配線パターンが配置される開口部と、(110) 平面に肉薄に設けられ、前記配線パターンに導通し、静電気によって変位する振動板と、を有する(110) シリコン基板と、前記振動板に対向して配置され、前記開口部に配置された配線パターンに導通する対向電極と、前記配線パターンに電圧を印加して、前記振動板と前記対向電極との間に静電気を発生させ、前記振動板を変位させる駆動手段と、前記振動板と前記対向電極との間を気密封止して、前記振動板の変位により圧力変動するインク室を設ける封止部材と、

前記インク室に連通し、前記インク室の圧力変動により、前記インク室に蓄積されたインクの液滴を吐出するインクノズルと、を備えることを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項6】 前記振動板、前記インク室、前記インクノズルが区画形成され、前記(110) シリコン基板に複数設けられており、

前記複数の振動板の対向電極のそれぞれに導通する複数の配線パターンが前記開口部に配置されていることを特徴とする請求項5記載のインクジェットヘッド。

【請求項7】 前記開口部の平行四辺形の重ね合わせのピッチが前記配線パターンのピッチと略同一であることを特徴とする請求項6記載のインクジェットヘッド。

【請求項8】 (110) 平面に連続した複数の平行四辺形を重ね合わせた多角形の形状の開口部を有することを特徴とする(110) シリコン基板において、

前記開口部の平行四辺形の重ね合わせのピッチが前記(110) シリコン基板の厚さ以下であることを特徴とする請求項6記載の(110) シリコン基板。

【請求項9】 前記平行四辺形の内角の一つは70.19度であることを特徴とする請求項8記載の(110) シリコン基板。

【請求項10】 内角の一つが70.19度の平行四辺形をその長辺に平行に重ね合わせた形状の多角形の頂点のうち、その内角が289.81度となる頂点から前記平行四辺形の長辺に平行に補正パターンを延長した形状のマスクパターンを有することを特徴とする(110) シリコン基板の異方性エッチング用マスク。

【請求項11】 内角の一つが70.19度の平行四辺形をその長辺に平行に重ね合わせた形状の多角形の頂点のうち、その内角が289.81度となる頂点から前記平行四辺形の長辺に平行に補正パターンを延長した形状のマスクパターンにより、(110) シリコンウエハの(110) 平面をマスクする工程と、

前記マスクされた(110) シリコンウエハを異方性エッチングする工程と、を有することを特徴とする(110) シリコン基板の製造方法。

【請求項12】 前記補正パターンの長さを前記異方性エッチングのエッチレートに基づいて設定することを特徴とする請求項11記載の(110) シリコン基板の製造方法。

【請求項13】 前記(110) シリコンウエハの両面のエッチレートに基づいて前記マスクパターンの補正パターンの長さを2種類設定し、当該2種類のマスクパターンにより、前記(110) シリコンウエハの両面をそれぞれマスクし、

前記(110) シリコンウエハを両面から異方性エッチングすることを特徴とする請求項11記載の(110) シリコン基板の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、静電アクチュエータ、インクジェットヘッド、シリコン基板、エッチング用マスク、シリコン基板の製造方法に関する。特に、振動板と対向電極の間に電圧を印加して発生する静電気力により駆動される静電アクチュエータおよびインクジェットヘッド、およびこれらの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 インクジェットプリンタのインクジェットヘッド等では、細かな印刷が必要とされる。このようなインクジェットヘッドは、シリコンウエハに対して半導体微細加工技術を用いてインクを吐出させる微小構造のアクチュエータを形成して製造される。インクジェットヘッドのほかにも、マイクロミラーなどのマイクロアクチュエータが提案されている。

【0003】 このような微小構造のアクチュエータで

は、その駆動源として静電気力を利用することができる。たとえば、本出願人は、静電気力を利用してインク液滴を吐出するインクジェットヘッドを特開平5-50601号公報、および、特開平6-70882号公報に開示している。

【0004】この形式のインクジェットヘッドは、インクノズルに連通しているインク流路の底面が弾性変形可能な振動板として形成されている。この振動板には、一定の間隔で基板が対向配置されている。

【0005】インクノズル、インク流路、および振動板は複数個区画形成され、基板にはそれぞれの振動板に対向する対向電極が配置される。

【0006】振動板と対向電極には、開口部（貫通穴）から配線パターンが導通しており、これらの配線パターンの間に電圧を印加すると、振動板と対向電極に静電気力が発生する。この静電気力によって振動板は基板の側に静電吸引されて変位（振動）する。

【0007】一方、振動板と対向電極の間の空間（振動室）は封止部材により気密封止された状態となっているため、振動板の振動に伴ってインク流路には内圧の変動が発生し、インクノズルからインク液滴が吐出される。配線パターンに印加する電圧を制御することにより、記録に必要なときにのみインク液滴を吐出する、いわゆるインク・オン・デマンド方式が実現される。

【0008】インクジェットヘッドなどの静電アクチュエータの振動板は、シリコンの異方性を利用した湿式異方性エッチングによって形成することができる。この場合、面方位（110）のシリコンウエハでは、エッチングにより形成される穴の壁面（面方位（110））が表面や裏面に対して垂直になるため、面方位（100）のシリコンウエハに比べて、振動板の高密度化を図ることができる。

【0009】一方で、（110）面方位のシリコンウエハを湿式異方性エッチングして、対向電極に導通する配線パターンを配置する貫通穴を形成する場合、表面や裏面の（110）平面における貫通穴の形状は内角の一つが70.19度の平行四辺形となる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、貫通穴の平面形状が平行四辺形であると、貫通穴の大きさが大きくなってしまふ。このため、インクジェットヘッドなどのアクチュエータのサイズが大きくなってしまい、1つのウエハから製造できる個数が減るためコストが高くなるという問題が生じていた。また、貫通穴が大きいために、作成上の取扱い性が悪くなり、強度が低下するという問題が生じていた。

【0011】本発明はこのような課題を解決するためになされたものであり、その目的は、静電アクチュエータ、インクジェットヘッド、シリコン基板、エッチング用マスク、シリコン基板の製造方法を提供することにあ

る。特に、作成上の取扱い性がよく、かつ、安価な静電アクチュエータおよびインクジェットヘッド、およびこれらの製造方法静電アクチュエータ、インクジェットヘッドとその製造方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するための手段として、以下の発明を提供する。

【0013】本発明の静電アクチュエータは、（110）平面に連続した複数の平行四辺形を重ね合わせた多角形の形状で開口し、配線パターンが配置される開口部と、（110）平面に肉薄に設けられ、配線パターンに導通し、静電気によって変位する振動板と、を有する（110）シリコン基板と、振動板に対向して配置され、開口部に配置された配線パターンに導通する対向電極と、配線パターンから振動板と対向電極とに電圧を印加して振動板を変位させる駆動手段と、を備えて構成される。

【0014】また、前記開口部の平行四辺形の重ね合わせのピッチが前記配線パターンのピッチと略同一であることが望ましい。

【0015】また、本発明の静電アクチュエータは、振動板と対向電極とによって形成された振動室を気密封止するための封止部材をさらに備えることが望ましい。

【0016】また、本発明の静電アクチュエータは、封止部材がエポキシ系低温熱硬化タイプで粘度が1000cP～14000cPであることが望ましい。

【0017】本発明のインクジェットヘッドは、（110）平面に連続した複数の平行四辺形を重ね合わせた多角形の形状で開口し、配線パターンが配置される開口部と、（110）平面に肉薄に設けられ、配線パターンに導通し、静電気によって変位する振動板と、を有する（110）シリコン基板と、振動板に対向して配置され、開口部に配置された配線パターンに導通する対向電極と、配線パターンに電圧を印加して、振動板と対向電極との間に静電気を発生させ、振動板を変位させる駆動手段と、振動板と対向電極との間を気密封止して、振動板の変位により圧力変動するインク室を設ける封止部材と、インク室に連通し、インク室の圧力変動により、インク室に蓄積されたインクの液滴を吐出するインクノズルと、を備えて構成される。

【0018】また、本発明のインクジェットヘッドは、振動板、インク室、インクノズルが区画形成され、（110）シリコン基板に複数設けられており、複数の振動板の対向電極のそれぞれに導通する複数の配線パターンが開口部に配置されていることが望ましい。この場合、前記開口部の平行四辺形の重ね合わせのピッチが前記配線パターンのピッチと略同一であることが望ましい。

【0019】本発明の（110）シリコン基板は、（110）平面に連続した複数の平行四辺形を重ね合わせた多角形の形状の開口部を有し、それらの平行四辺形の重

ね合わせのピッチが(110)シリコン基板の厚さ以下であるように構成される。

【0020】また、本発明の(110)シリコン基板は、平行四辺形の内角の一つが70.19度であることが望ましい。

【0021】本発明の(110)シリコン基板の異方性エッチング用マスクは、内角の一つが70.19度の平行四辺形をその長辺に平行に重ね合わせた形状の多角形の頂点のうち、その内角が289.81度となる頂点から平行四辺形の長辺に平行に補正パターンを延長した形状のマスクパターンを有するように構成される。

【0022】本発明の(110)シリコン基板の製造方法は、内角の一つが70.19度の平行四辺形をその長辺に平行に重ね合わせた形状の多角形の頂点のうち、その内角が289.81度となる頂点から平行四辺形の長辺に平行に補正パターンを延長した形状のマスクパターンにより、(110)シリコンウエハの(110)平面をマスクする工程と、マスクされた(110)シリコンウエハを異方性エッチングする工程とを備えて構成される。

【0023】また、本発明の(110)シリコン基板の製造方法は、補正パターンの長さを異方性エッチングのエッチレートに基づいて設定することが望ましい。

【0024】また、本発明の(110)シリコン基板の製造方法においては、(110)シリコンウエハの両面のエッチレートに基づいてマスクパターンの補正パターンの長さを2種類設定し、当該2種類のマスクパターンにより、(110)シリコンウエハの両面をそれぞれマスクし、(110)シリコンウエハを両面から異方性エッチングすることができる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下に、図面を参照して本発明を適用した静電アクチュエータであるインクジェットヘッドを説明する。

【0026】図1は、本発明を適用した静電アクチュエータとしてのインクジェットヘッドの断面図であり、図2は、その斜視図であり、図3は、その分解斜視図である。

【0027】本実施例は、インク液滴がノズルプレートに設けたノズルから吐出するフェイスジェットタイプのインクジェットヘッドである。

【0028】これらの図に示すように、インクジェットヘッド1は、シリコン基板2を挟み、上側に同じくシリコン製のノズルプレート3、下側にシリコンと熱膨張率が近いホウ珪酸ガラス製のガラス基板4がそれぞれ積層された3層構造となっている。

【0029】中央のシリコン基板2は、表面が(110)面方位であるシリコン単結晶基板で、厚みが180μmである。面方位が(110)のシリコンを湿式異方性エッチングするとシリコン表面に対して垂直な面が4

面形成される。このため、面方位(110)のシリコンウエハを湿式異方性エッチングを用いて溝を形成すると、面方位(100)のものに形成した場合に比べて、溝の密度を高くすることができる。

【0030】シリコン基板2には、その表面から湿式異方性エッチングを施すことにより、独立した5つのインク室5と、1つの共通インク室6としてそれぞれ機能する溝が加工されている。

【0031】本実施例において、シリコンの湿式異方性エッチングに使用するエッチング液は摂氏80℃に加熱した20重量パーセントKOH水溶液を用いることができる。なお、この濃度はその状況に応じて変更することができる。また、その組成もKOH水溶液に限定されるものではない。たとえば、アンモニア水溶液または有機アミン系アルカリ水溶液等のアルカリ水溶液を用いることができる。

【0032】ノズルプレート3は、厚みが180μmのシリコン単結晶であり、表面は(100)面方位である。ノズルプレート3には、その裏面より湿式異方性エッチングを施すことにより、各インク室5の先端側の部分に対応する位置に5つのノズル溝7が形成され、また、各インク室5と共通インク室6を連通させるために、各インク室に対してノズルとは反対側の位置にインク供給路9として機能する溝が加工されている。さらに、ノズルプレート3の表面より乾式異方性エッチングを施すことにより、ノズル溝7に対応する位置にノズル孔8が形成されている。

【0033】ノズルプレート3とシリコン基板2を接合することにより、1つの共通インク室6と独立した5つのインク室5は、それぞれのインク供給路9により連通する。また、独立した5つのノズル孔8はそれぞれのインク室5に連通する。

【0034】本実施例において、ノズルプレート3とシリコン基板2は、位置合わせをしてから貼り合わせ、摂氏1000℃に加熱することにより、直接接合することができる。ノズルプレート3とシリコン基板2の接合は、直接接合に限定されるものではなく、たとえば、ノズルプレート3とシリコン基板2の接合界面にあらかじめ金を2000オングストローム成膜した後で、ノズルプレート3とシリコン基板2を密着状態とし摂氏400℃に加熱することにより、低温で共晶接合することが可能である。また、ノズルプレート3とシリコン基板2は接着剤により接合することも可能である。

【0035】独立した各インク室5は、その底壁(振動板)51が肉薄にされており、面外方向、すなわち、図1において上下方向に弾性変位可能な振動板として機能するように構成されている。

【0036】次に、シリコン基板2の下側に位置しているガラス基板4において、その上面であるシリコン基板2との接合面には、シリコン基板2の各インク室5に対

応した位置に、浅くエッチングされた振動室15を構成することになる凹部16と凹部16に連通し通路17を構成することになる凹部とが形成されている。また、ガラス基板4の凹部表面にはITO (Indium Tin Oxide) からなるセグメント電極18が形成されている。セグメント電極18は配線部19および端子部20を持つ。

【0037】ここで、底壁(振動板)51とこれに対向して配置されるセグメント電極(対向電極)18との対向間隔、すなわち振動室15の間隔(ギャップ長)Gは、凹部16の深さとセグメント電極18の厚さとの差になる。

【0038】シリコン基板2の共通インク室6の底面にはシリコン基板の裏側より乾式エッチングを施すことにより、インク供給穴10が形成されている。また、ガラス基板4にもインク供給穴10に対応する位置にインク供給口11が形成されている。インクは、外部の図示しないインクタンクから、インク供給口11およびインク供給穴10を通して共通インク室6に供給される。共通インク室6に供給されたインクは、各インク供給路9を通して、独立した各インク室5に供給される。

【0039】シリコン基板2には、セグメント電極端子部20を取り出すための貫通穴13がシリコン基板2の表面と裏面から湿式異方性エッチングを施すことにより形成されている。このような形成手法によると、貫通穴13を形成している側面は概ね(111)結晶面で構成されることとなり、不連続部14が形成される。

【0040】ここで貫通穴の形状について、図4、図5、図6を用いて説明する。図4は、本発明を適用したシリコン基板2を構成することになるシリコンウエハ101の平面形状を示す平面図である。図5は、従来例のシリコン基板32を構成することになるシリコンウエハ31の平面形状を示す平面図である。図6は、インクジェットヘッドのシリコン基板に貫通穴(開口部)を設けるためのマスクパターンの形状を示す説明図である。

【0041】図4において、前述した加工方法により、インク室5、共通インク室6として機能する溝、インク供給穴10、共通電極端子22および貫通穴13が形成されている。よって、図4に示した一点鎖線で切断することにより、シリコン基板2が形成される。貫通穴13は破線で示した平行四辺形を連続して重ね合わせた構成となっている。

【0042】本実施例では、シリコンウエハ101に1つのシリコン基板2を構成したが、これに限定されるものでない。

【0043】シリコンウエハ31は表面が(110)面方位であるシリコン単結晶基板である。インク室35、共通インク室36として機能する溝、インク供給穴40、共通電極端子42および貫通穴43は本実施例と同じ加工方法によって形成されている。但し、貫通穴43

の平面形状は1つの平行四辺形で構成されている。よって、貫通穴43は貫通穴13に比較して大きく、また、シリコン基板32(図5中の一点鎖線で示した形状)はシリコン基板2に比較して大きい。

【0044】本実施例では、図3に示すように、貫通穴13の平行四辺形の重ね合わせのピッチPをシリコン基板2の厚み180 $\mu$ m以下の寸法である100 $\mu$ mとした。このピッチPは小さければ小さいほど形成される貫通穴を小さくすることができる。ノズルプレート3には、シリコン基板2に形成されている共通電極端子22とガラス基板4に形成されているセグメント電極端子20を取り出すために、シリコン基板2に形成されている貫通穴13より一回り大きな貫通穴12が、ノズルプレート3の表面および裏面より湿式異方性エッチングを施すことにより形成されている。また、ガラス基板4に形成されている各セグメント電極端子20のピッチが、前述の貫通穴13の平行四辺形の重ね合わせのピッチPと略同一になるように形成されている。即ち各セグメント電極端子20のピッチは100 $\mu$ mとした。

【0045】この様に、貫通穴13の上記ピッチPとセグメント電極端子20のピッチを同じにすることにより、セグメント電極端子20は確実に貫通穴13の側面が(111)面となる部分に配設されることが可能となる。即ち、後述するマスクパターンにおける補正パターンによって形成される若干のエッチング残り等の不安定な面とセグメント電極端子20とがガラス基板4とシリコン基板2を接合することにより干渉することを防止することが可能となる。更に、これにより、各アクチュエータの静電容量を安定的に一致させることが可能となり、貫通穴13の形状が複雑化しても同一ヘッド内では等しい特性のアクチュエータを得ることが可能となる。

【0046】このような平行四辺形を重ね合わせた形状の貫通穴43を作るためのマスクパターンについて、図6を参照して説明する。図6(a)は、所望の貫通穴の形状を示す。貫通穴の平行四辺形は、内角の一つが(110)シリコン基板の結晶構造に合致した70.19度となっている。

【0047】このような貫通穴を両面から湿式異方性エッチングする場合の、両面のそれぞれのマスクパターンの形状を図6(b)、図6(c)に示す。図6(b)、図6(c)に示したマスクパターンの形状は、図6(a)に示した貫通穴の形状の多角形のうち、内角が289.81度の頂点、すなわち、内側に尖った頂点から、平行四辺形の長辺に平行に補正パターンが延長されている。本実施例では、図6(b)に示すマスクパターンの補正パターンは、図6(c)に示すマスクパターンの補正パターンに比して長い。裏面には、ボロンをドーピングしているために、表面からのエッチレートと裏面からのエッチレートとが異なるからである。

【0048】本実施例では、表面からの補正パターン

は、長さ約 $210\mu\text{m}$ 、裏面からの補正パターンは、長さ約 $105\mu\text{m}$ とし、幅はいずれも約 $20\mu\text{m}$ としている。補正パターンの幅は、加工限界にある程度の余裕を加味して設定することができる。

【0049】図6(d)は、図6(b)および図6(c)に示したマスクパターンを重ね合わせて、図6(a)に示した所望の貫通穴の形状と比較するための説明図である。両マスクパターンを重ね合わせ、補正パターンを平行四辺形の辺に平行に除去した形状は、図6(a)に示した貫通穴の形状となることがわかる。

【0050】なお、補正パターンのピッチ、すなわち、平行四辺形の重ね合わせのピッチPは、対向電極のピッチと同じにすることが望ましい。補正パターンによってマスクされた部分のシリコンが残留してしまっても、残留部と対向電極とが重ならないようにするためである。したがって、対向電極と外部回路とを接続する場合の加工能力によってこのピッチが決定され、上記のように、本実施例では約 $100\mu\text{m}$ となっている。

【0051】さて、シリコン基板2とガラス基板4を接合した後、シリコン基板2の貫通穴13より封止用接着剤30を塗布する。これにより、振動室15を気密封止することができる。

【0052】図1に示すように、電圧印加手段21は、図示していない外部からの印字信号に応じて、シリコン基板2の底壁(振動板)51と、セグメント電極(対向電極)18との間に駆動電圧を印加する。電圧印加手段21の一方の出力は個々のセグメント電極18の端子部20に接続され、他方の出力はシリコン基板2に形成された共通電極端子22に接続されている。

【0053】シリコン基板2自体が導電性を持つため、共通電極端子22から底壁(振動板)51の共通電極に電圧を供給することができる。シリコン基板2は比較的電気抵抗が高いため、共通電極に供給した電圧が降下してしまう。このような電圧降下を避けるためには、電気抵抗を低下させる必要がある。蒸着法やスパッタリング法などを用いてシリコン基板2の一方の面に金等の導電性材料の薄膜を形成すれば、電気抵抗を低くすることができる。本実施例では、シリコン基板2とガラス基板4との接続には陽極接合を用いており、シリコン基板2の流路形成面側に導電膜を形成してある。

【0054】このように構成したインクジェットヘッド1においては、電圧印加手段21からの駆動電圧が底壁(振動板)51とセグメント電極(対向電極)18との間に印加されると、両者間に充電された電荷により静電気力が発生し、底壁(振動板)51はセグメント電極(対向電極)18の側へ撓んで変位し、インク室5の容積が拡大する。

【0055】パルス状の電圧を与えた場合には、充電された電荷が放電されるときに、底壁(振動板)51がその弾性復元力によってセグメント電極(対向電極)18

側から復帰して変位し、インク室5の容積が急激に収縮する。この時に発生するインク室5内の内圧変化により、インク室5を満たすインクの一部分が、このインク室に連通しているノズル孔8からインク滴として吐出する。

【0056】次に、振動室15の気密封止について、図7および図8を参照して説明する。駆動中に大気中の水分や埃等が侵入するのを防止するため、振動室15の気密封止は確実にを行う必要がある。

10 【0057】図7は、図1に示す本発明の実施例の通路17付近を拡大した拡大図である。図8は、図7との比較のため、貫通穴13の平行四辺形の重ね合わせのピッチを $200\mu\text{m}$ とした場合の試作例の通路17付近の拡大図である。図7および図8において、斜線部は封止用接着剤30の浸入した部分を意味する。

【0058】静電アクチュエータでは、相対変位する振動板とセグメント電極(対向電極)との間に発生する静電気力を十分に大きな力とするために、これらの間隔(ギャップ長G)を可能な限り狭くしたい。本実施例では、ガラス基板3の凹部16の深さを $0.3\mu\text{m}$ とし、セグメント電極18の厚さを $0.1\mu\text{m}$ としている。よって、振動室15のギャップ長Gは $0.2\mu\text{m}$ となる。

【0059】このような形状の静電アクチュエータを封止用接着剤30で気密封止するため、封止用接着剤30は通路17の大気に解放されている側より浸入させ、封止用接着剤30を硬化させた。すると、図7に示すように、封止用接着剤30は振動室15を確実に気密封止することができた。

【0060】一方、貫通穴13の平行四辺形のピッチPを $200\mu\text{m}$ として、同様に封止用接着剤30を浸入させて硬化させ、気密封止を試みた。すると、図8に示すように、封止用接着剤30は通路17に十分に浸入しておらず、振動室15は確実に気密封止されていなかった。この状態をより詳しく観察すると、図8に示すように、シリコン基板2の貫通穴13の不連続部14付近に、封止用接着剤30は気泡310を取り込んでしまっていた。

【0061】なお、本実施例においては、封止用接着剤30をエイブルスティック社のエイブルボンド342-37、エボキシ系低温熱硬化タイプ、粘度が $1000\text{cP}$ ~ $14000\text{cP}$ を使用している。この接着剤は常温( $25^\circ\text{C}$ )~ $150^\circ\text{C}$ の範囲で硬化が進み48時間~2時間で硬化が終了する。エボキシ樹脂はシリコンおよびホウ珪酸ガラスとの濡れ性がよく、また、水蒸気のガスバリア性に優れているため、良好な気密封止が可能となる。この封止用接着剤で気密封止した場合、不連続部で気泡を取り込むことなく、確実に通路に浸入した。また、封止用接着剤30をエイブルスティック社のエイブルボンド342-3でも同様であった。

【0062】本実施例では、フェイスジェットタイプ

11

のインクジェットヘッドを例にとり説明したが、本発明はフェイスジェットタイプに限定されるものではない。たとえば、インク室の長さ方向にノズルを有するエッジジェットタイプのインクジェットヘッドにも適用することができる。

【0063】(その他の実施の形態)なお、以上の説明は、インクジェットヘッドに対して本発明を適用した例である。本発明はインクジェットヘッド以外の静電アクチュエータに対しても同様に適用できる。たとえば、特開平7-13007号公報に開示されているマイクロメカニカル装置やマイクロミラーに対しても本発明を同様に適用できる。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の静電アクチュエータ、特にインクジェットヘッドでは、貫通穴の平面形状を連続した平行四辺形を重ね合わせた平面形状とした。これにより、貫通穴の大きさを小さくすることができ、作成が容易でかつ、安価な静電アクチュエータ、インクジェットヘッドを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用したインクジェットヘッドの断面図である。

【図2】図1のインクジェットヘッドの斜視図である。

【図3】図1のインクジェットヘッドの分解斜視図である。

【図4】本発明を適用したシリコンウエハの平面図である。

【図5】従来例の1例を示すシリコンウエハの平面図である。

【図6】図1のインクジェットヘッドの貫通穴を構成するためのマスクパターンの説明図である。

【図7】図1の通路付近を拡大したインクジェットヘッドの拡大図である。

【図8】平行四辺形の重ね合わせのピッチが $200\mu\text{m}$

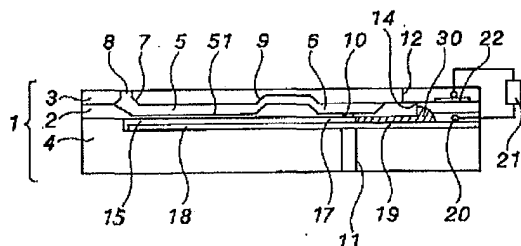
12

の場合の通路付近を拡大したインクジェットヘッドの拡大図である。

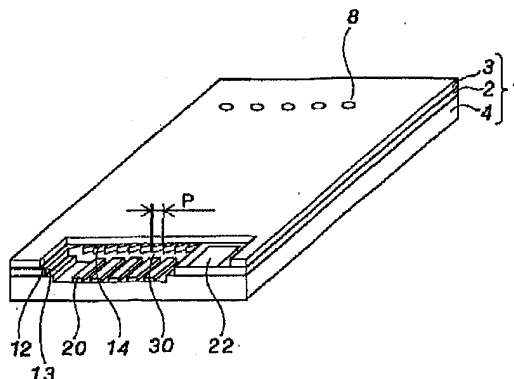
【符号の説明】

- |     |                       |
|-----|-----------------------|
| P   | 貫通穴13の平行四辺形の重ね合わせのピッチ |
| 1   | インクジェットヘッド            |
| 2   | シリコン基板                |
| 3   | ノズルプレート               |
| 4   | ガラス基板                 |
| 5   | インク室                  |
| 6   | 共通インク室                |
| 8   | ノズル孔                  |
| 9   | インク供給路                |
| 12  | ノズルプレート3の貫通穴          |
| 13  | シリコン基板2の貫通穴           |
| 14  | 貫通穴13の不連続部            |
| 15  | 振動室                   |
| 17  | 通路                    |
| 18  | セグメント電極               |
| 19  | セグメント電極配線部            |
| 20  | セグメント電極端子部            |
| 21  | 電圧印加手段                |
| 22  | 共通電極端子部               |
| 30  | 封止用接着剤                |
| 31  | シリコンウエハ               |
| 32  | シリコン基板                |
| 35  | インク室                  |
| 36  | 共通インク室                |
| 40  | インク供給穴                |
| 42  | 共通電極端子                |
| 43  | 貫通穴                   |
| 51  | インク室の底壁(共通電極、振動板)     |
| 101 | シリコンウエハ               |
| 310 | 気泡                    |

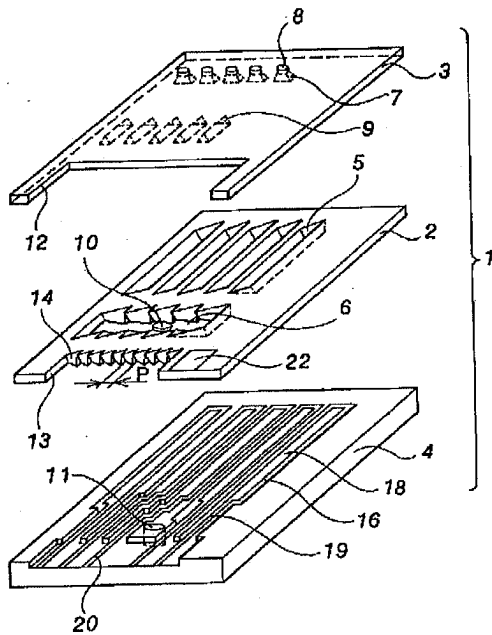
【図1】



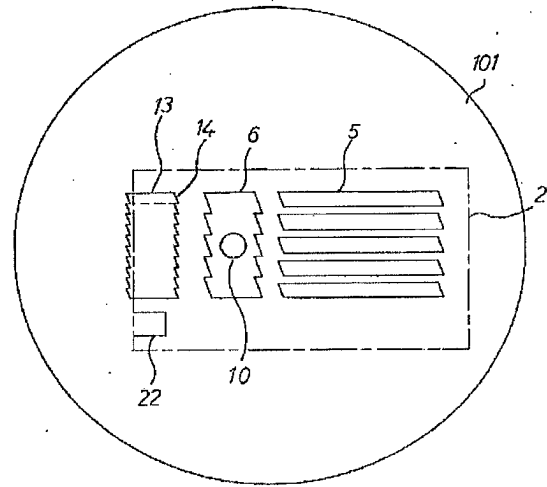
【図2】



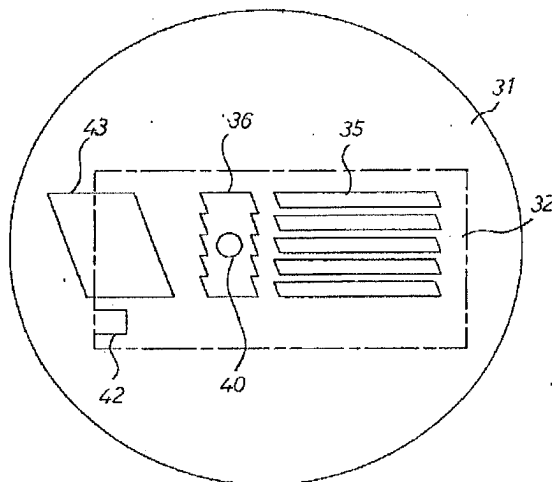
【図3】



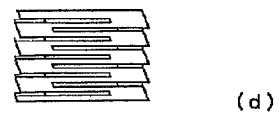
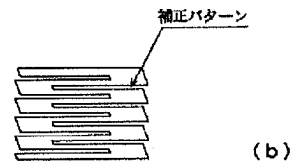
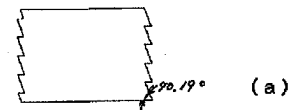
【図4】



【図5】

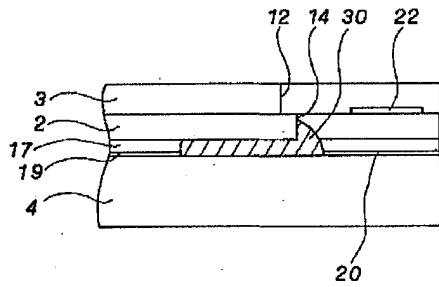


【図6】

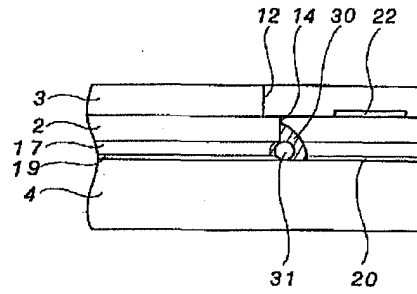




【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 野島 重男  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
ーエプソン株式会社内

DERWENT-ACC-NO: 2000-006206  
DERWENT-WEEK: 200001  
COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Electrostatic actuator for inkjet head of inkjet  
printer - has drive  
unit that applies voltage pulse to counter electrode  
through wiring pattern by  
which variation of resonant panel is done

PATENT-ASSIGNEE: SEIKO EPSON CORP[SHIH]

PRIORITY-DATA: 1998JP-0008939 (January 20, 1998)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
PAGES	MAIN-IPC	
JP 11285275 A	October 15, 1999	N/A
009	H02N 001/00	

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
JP 11285275A	N/A	1999JP-0009159
January 18, 1999		

INT-CL (IPC): B41J002/045; B41J002/055 ; B41J002/16 ;  
H01L021/306 ;  
H02N001/00

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 11285275A

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - A counter electrode is connected  
to a wiring pattern  
via an opening. A drive unit applies voltage pulse to  
counter electrode  
through wiring pattern by which variation of resonant panel  
is performed.

DETAILED DESCRIPTION - A polygon shaped opening (13) is  
formed on a silicon  
substrate (2) of an inkjet head (1). Wiring pattern is  
formed on the silicon  
substrate. Adhesive agent (30) is used for airtight  
sealing between the  
resonant panel and counter electrode. Nozzle discharges  
ink droplets when

variation of resonant panel is passed to ink chamber that stores ink.

INDEPENDENT CLAIMS are also included for the following:  
silicon substrate  
manufacturing method; etching mask

USE - For inkjet head of inkjet printer.

ADVANTAGE - Since the polygon shaped opening is provided in the substrate on which wiring pattern is formed, size of through hole is reduced and the production cost of actuator is reduced by reducing actuator size. DESCRIPTION

OF DRAWING(S) - The figure shows perspective diagram of inkjet head. (1)

Inkjet head; (2) Silicon substrate; (13) Opening; (30) Adhesive agent.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.2/8

TITLE-TERMS:

ELECTROSTATIC ACTUATE HEAD PRINT DRIVE UNIT APPLY VOLTAGE  
PULSE COUNTER

ELECTRODE THROUGH WIRE PATTERN VARIATION RESONANCE PANEL

DERWENT-CLASS: P75 U11 V06

EPI-CODES: U11-C07; V06-M06F;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2000-005649